

良質・良食味米安定生産・出荷のための栽培技術
—産米の蛋白含有率低下、売れる米づくりを目指して—

VII 良質・良食味米生産のための収穫・乾燥・調製と稲わら収集

1 収 穫

2 乾 燥

3 調 製

4 稲 わ ら 収 集

1 収 穫

1) 収穫適期の判断

収穫適期は米の品質を左右する重要な要因である。刈り取りが早すぎると未熟粒や青米が増加し、収量は減少する。刈り遅れると着色米・胴割れ米が増加し、茶米の発生、玄米白度の低下につながり、倒伏等によってさらに品質が低下する。籾の成熟期は株毎の出穂時期、1株内での出穂時期、1穂内での開花時期などにより、30日ほどの差が生ずると言われている。その結果、1穂中の粒別水分はバラツキが大きく、圃場における籾の単粒水分のバラツキは更に大きい。

収穫適期は積算温度や籾の熟色で成熟期を予測し、試し刈りをして玄米を見て判定する。

(1) 積算温度で成熟期予測

出穂期以降の日平均気温の積算値が950℃に達する日を成熟期と予測する。積算値は品種や籾数の多少によって異なる。これから一週間後が収穫適期の目安と考えるが、あくまでも予想である。

(2) 籾の熟色による成熟期判定

予測による成熟期が近づいたら、好天日に1株あたりの黄化籾の割合を目視で確認する。成熟期は全籾の90%が黄化し、完熟籾となった日である。完熟籾かどうかは籾の付け根にある護穎が黄色になっていることで判断する。見る時は太陽を背にし、籾の裏側も忘れずに確認する。

(3) 試し刈りをして玄米による収穫適期判定

積算温度や籾の熟色で成熟期が近づいたら、試し刈りして玄米にし、整粒歩合で収穫適期を判断する。圃場の中で中庸な稲株を5株ほど試し刈りする、ばらつきの多い圃場では多めにサンプルを取るようにする。これを生脱穀し、乾燥、もみすりし、篩ったあと整粒歩合を確認する。確認は圃場ごとに行う。整粒歩合が70%以上となれば収穫適期とみなす。登熟は1日に2～3%進む(図1-1)。

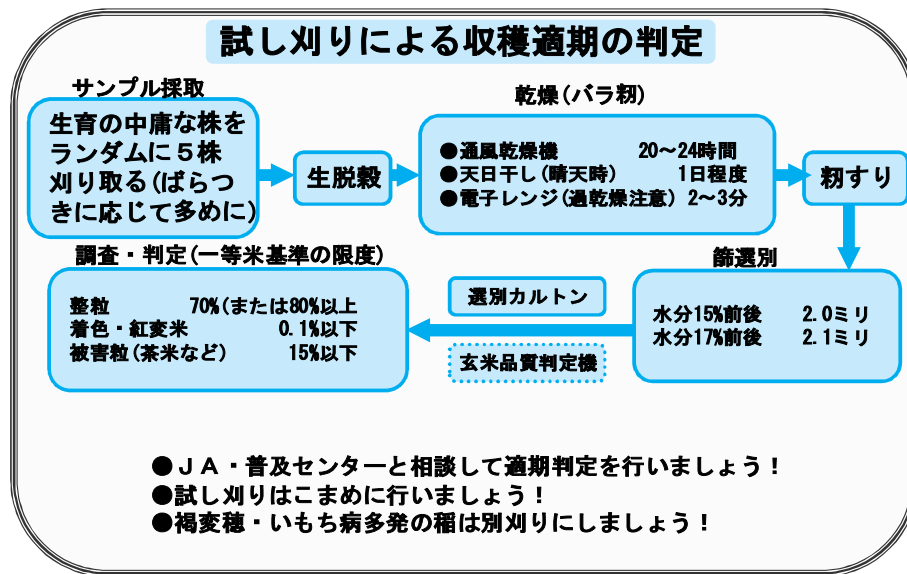


図1-1 試し刈りによる収穫適期判定

2) 収穫作業のポイント

(1) 刈り取り計画

品種の熟期構成、乾燥機や調製・選別機的能力、作業人員、天候などを総合的に判断し、適期に刈り取りが終わるように計画を立てる。一方、作業計画にゆとりをもたせ、作業事故を未然に防止することも重要である。

(2) 圃場および作物条件

① 圃場条件

出穂後の適切な期間、間断灌水などにより登熟向上や倒伏防止を図るとともに、生育期には溝切り、中干しなどを行い地耐力の確保に努める。コンバインは接地圧が小さく、湿田でも走行できるが、田面が軟らかすぎると走行が困難となるか、作業能率が低下するほか、圃場表面を過度に練り返す。

② 作物条件

露の付着や早刈りで作物水分が高くと、コンバインの所要動力が大きく、搬送機構での籾の詰まりも発生しやすくなり、作業速度の低下により作業能率が低下する。同時に、穀粒損失や損傷粒の増大や選別不良の原因となるので降雨後や早朝、夜間の作業は避ける。倒伏している場合はなるべく「追い刈り」で作業する。

(3) 具体的な収穫法

① 高水分状態に対する対応

収穫時の生籾水分は高く、ばらつきが大きい。汎用コンバインで高水分収穫を行うときは、送塵弁、シーブの目開きなどを調整し、選別・分離機能が低下しないようにする。自脱コンバインも汎用コンバインもチェーンやベルトが緩んでいると傷籾の発生や選別不良が懸念されるので、作業前にテンションプロケット（プーリ）の張り具合を

確認し、必要があれば調節する。適正状態は取扱説明書で確認する。

脱穀選別損失の量は収穫する作業時刻によっても異なる。朝露があると、わら、穂切れなどの付着や引っかかりが多く、網目が詰まって初めの漏下が悪くなり、機外への飛散や傷粃の発生が多くなるので避ける。

② 稲の倒伏に対する対応

自脱コンバインは、株元をフィードチェーンで把持し、穂先を脱穀するので適応可能な草丈（稈長＋穂長）は55cm以上130cm程度である。全長70cm以下の場合は、刈り高さを地際すれすれに低くし、120cm以上の場合は高刈りして、扱ぎ深さを一定に保つようにする（図1－2）。

倒伏した稲は稈が切れやすく脱穀部が詰まりやすいため、扱ぎ室でのわら屑の発生が多くなる。また、引き起こし爪の負担が増加し、搬送部での稲の乱れや穀粒損失が増大するなどの問題が生ずる。自脱コンバインで稲の倒伏角が60度以内の場合、作業速度0.5～0.8m／sであれば、どの方向からでも刈り取りが可能である。しかし、さらに倒伏角が大きくなると刈り取り方向によっては収穫損失が多くなり、作業速度も遅くしなければならない。この場合、作業能率が大幅に低下するとともに、穀粒損失も急激に増加することがある（図1－3、図1－4）。

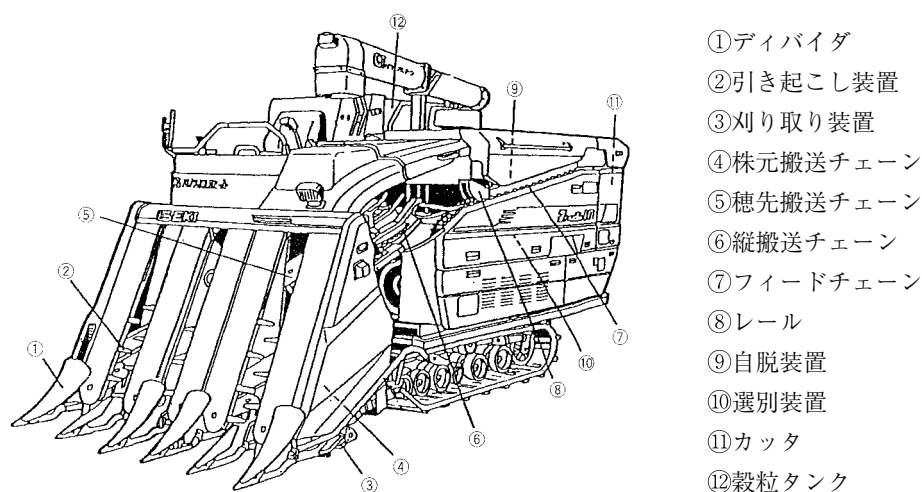


図1－2 自脱コンバインの構造

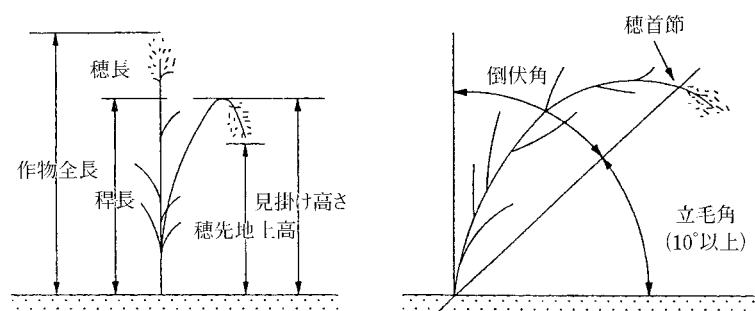


図1－3 作物の全長・立毛角・見掛け高（農業機械ハンドブック）

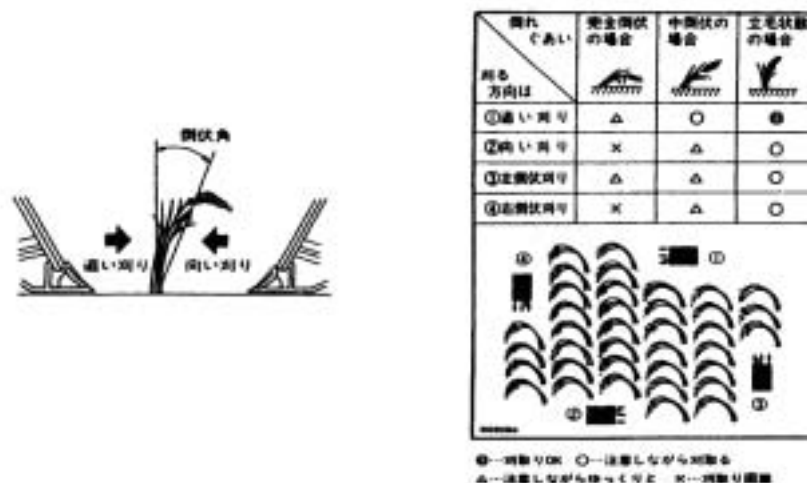


図1－4 自脱コンバインの倒伏稲への適応
(追い刈りと向かい刈り方法)

汎用コンバインでは、稲をリールで引き寄せながら作業するため、倒伏した稲でも比較的自由に作業方向を選択できる。しかし、完全に倒伏して穂発芽した稲や、何らかの原因で品質低下した籾を他の良い籾と一緒に収穫すると、全体の品質低下させることになるので別刈りし、別保管することが望ましい（図1－5）。

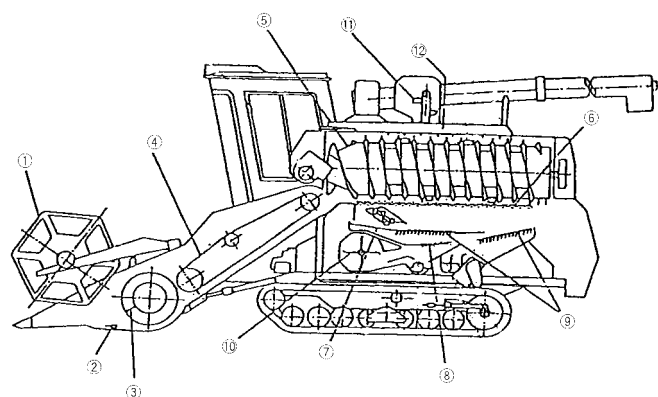


図1－5 汎用コンバインの構造

- ①リール、②刈刃、③オーガ、④チェーンコンベヤ、⑤脱穀シリンダ（スクリュロータ）、⑥受け網、⑦グレンパン、⑧グレンシープ、⑨チャフシープ、⑩選別ファン、⑪バケットコンベヤ、⑫グレントタンク

③ 脱ぶに対する対応

収穫時に脱穀部のわら量が突然少なくなった場合やシリンダの回転数が高い場合など、完熟籾に過大な摩擦や衝撃力が加わったときに脱ぶが発生しやすくなる。わずかであっても脱ぶ粒の混入は品質、食味の低下原因となるので、収穫時にグレントタンク中の脱ぶの有無を時折観察して作業する。規定のシリンダ回転速度を守ってわらや穀粒の流

れが急激に変化しないように心がける。特に、旋回する場合などに回転を下げたり、脱穀クラッチを切ったりせず、脱穀作業中、エンジン回転数を常にフルスロットルで維持する。

④ 傷粃の防止

生粃は物理的衝撃によって傷が付きやすく、中の玄米も損傷を受けやすい。傷は粃の腐敗や乾燥時の胴割れ粒発生要因となり、品質低下につながるため収穫に当たって留意すべきである。傷粃を発生させないためには、①扱胴回転数を指示回転数にする、②必要以上に扱ぎ深さを深くせず、扱ぎ残しがない程度に浅くする、③排塵調節を適正にするため風量調節を行う。扱ぎ深さを浅くするのは、深くすると扱室内のわら屑が多くなり、傷粃、脱ぶ粒が生じやすくなり、所要動力も増大するからである。

⑤ その他の注意

圃場内で倒伏しているところ、登熟が遅れているところの稲はその他の稲と一緒にすることで品質低下を招くおそれがあるので別刈りする。褐変穂やいもち病発生があった場所も同様である。生粃のまま長時間放置すると玄米が変色するので収穫した生粃は速やかに乾燥機にかける。

収穫前に圃場毎の作付け品種を確認し、異品種混入を避ける。コンバインは品種が切り替わる時はよく清掃する。おなじ機械で小麦を刈り取った場合はいうまでもない。また、刈り取りの時、泥や石などが入らないよう注意する。

3) コンバインの調整・整備

(1) 自動装置と調整

自脱コンバインに装着されている自動方向制御、流量・速度の自動制御、刈り高さ、扱ぎ深さなどの自動調整装置も、チェーンやベルトのゆるみ、シリンダ回転数や排塵板の調節などができていなければ、正常に作用せず、傷粃や選別不良の原因となる。

(2) コンバインの点検整備

自脱コンバインは構造が複雑なため点検整備箇所も多い。事故を予防し、機械の性能を十分引き出すためにも、点検整備は重要である。コンバインによる傷害事故は、作業中にわらやわら屑などの詰まりや引っかかりを除去する際に多く発生している。このような場合はエンジンを止めてから整備を開始しなければならない。収穫作業を始める前の十分な点検整備がトラブルを最小限にとどめるコツである。点検整備や調整にかけた時間は、快適な作業で十分取り戻すことができ、調整された機械では収穫損失や損傷は少ない。選別の良い粃は乾燥にも良い影響を及ぼす。

異種穀粒の混入は防止するため、麦刈り後のコンバインは、コンプレッサや掃除機を利用して、徹底的に掃除をする必要がある。自脱コンバインや汎用コンバインは脱穀部がオープンになり点検・清掃がしやすい構造となっている。清掃時にはパレットエレベータなどの搬送部やグレンタンクの底部も点検する。

2 乾 燥

1) 乾燥の目的

穀物の乾燥は、収穫物の品質を損なわずに貯蔵可能な水分まで低下させることを目的とする。主要穀物の出荷時の水分上限は農林水産省の農産物検査規格で定められており、もみは14.5%、玄米は15%に下げることになっている。米の食味を低下させることなく、品質の高い「商品」として出荷するために、以下の点を十分理解して乾燥を行う必要がある。

2) 乾燥と品質

(1) 水分と品質

収穫後の籾は高水分であるほど貯蔵中の異臭の発生や発芽率低下による品質の劣化を起こしやすいため、速やかに乾燥する必要がある。安全貯留限界日数は籾水分や貯留温度が高いほど短くなる(図2-1)。

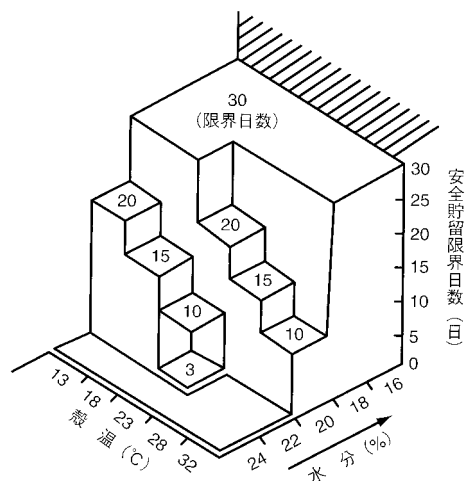


図2-1 籾の安全貯留限界日数
(四国農試)

(2) 胴割れと食味

胴割れ米は検査等級格下げの原因となるだけでなく、精米時には碎米の発生原因となり、食味にも悪影響を及ぼす。碎米の混入率の高い米飯は外観、粘りが劣り、食味総合評価が低下する。

1. 胴割れ米の定義

胴割れ粒とは、玄米の胚乳部に亀裂の生じている粒をいう。

2. 胴割れ粒の分類

- ① 軽胴割れ粒…精米上の影響が少なく、政府の買入検査の際に被害粒として計数されない程度の胴割れ粒
- ② 重胴割れ粒…検査の際に被害粒として計数される程度の粒
- ③ 全胴割れ粒…軽胴割れ粒＋重胴割れ粒

胴割れは籾の乾燥速度や玄米の吸湿速度が早い時に発生する。乾燥速度を高めると、粒の内部と外部との水分差によってひずみが生じ、胴割れが発生する。熱風乾燥では毎時乾減率が0.8%/hを超えると胴割れの発生が多くなり、その発生程度は立毛時の胴割れの発生程度、乾燥開始時の籾水分、熱風温度や湿度に影響を受ける(図2-2)。同じ乾燥温度でも籾水分が高く、入気湿度が低いほど胴割れは発生しやすい。このため、晴天日など空気が乾燥している日では曇天日より乾燥速度が速くなるため、熱風温度を下げる必要がある。張り込み量が少ない場合には、満量張り込み時よりも乾燥速度が速くなるので熱風温度を低く設定する。また、立毛時に胴割れが発生している場合は、軽胴割れが乾燥

によって重胴割れになりやすいので、このような場合には、毎時乾減率を0.5～0.6%程度になるよう乾燥温度を低く設定する。テンパリングを行うと貯留中に粒の内部から外部へ水分移行が行われるため、連続乾燥に比べて胴割れの発生が少ない。

(3) 過乾燥と食味

過乾燥米は米粒が硬いため、搗精時には搗精むらの発生、白度の低下や碎米の発生も増加する。炊飯時に精米を浸漬すると玄米水分が低いほど表面亀裂が多く発生する。その結果、過乾燥米は碎米率が低くても、炊飯時に澱粉の溶出が多くなり、食味が低下する。また、過乾燥で硬い玄米は糠層の除去が不十分となりやすく、炊飯時に糠臭が発生する場合もある。

北海道は青米の混入率が高く、1粒毎の初水分を均一に乾燥するのは大変難しい。乾燥時に初水分の測定を行うが、青米や屑米を混入して水分を測定すると水分は高く表示されるため、これらを除いた精玄米で測定しなければならない。過乾燥防止の決め手は、原料初を良く選別し、水分差を小さくすることである。圃場の生育むらを極力なくし、畦畔周囲や暗きよの周辺、水口や倒伏している場所を区別して収穫を行い、出来るだけ水分が均一となるように配慮する必要がある。

(4) 発芽率と食味

発芽率の確保は種子用では自明である。発芽率は食味との関係が強く（図2-3）、発芽率の低下は初期水分と送風温度が影響するため、初期水分が高いほど低い温度で乾燥する必要がある。水分25%程度の初では40℃以内の送風温度で乾燥する。

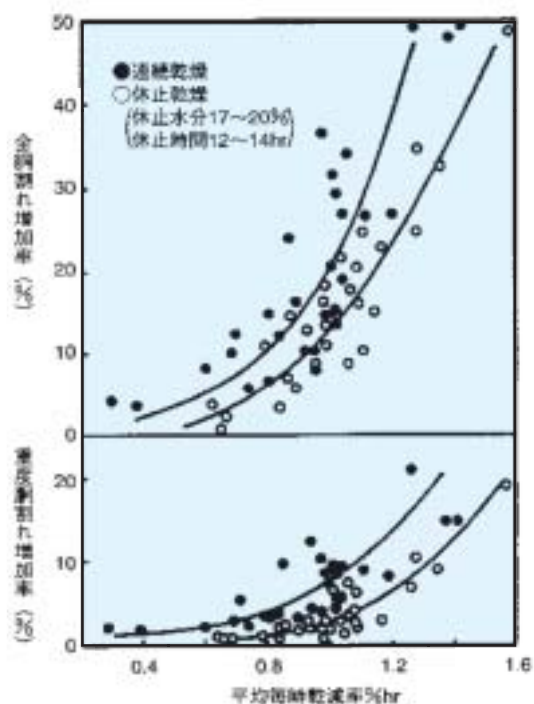


図2-2 循環式乾燥機による乾燥時の乾減率と胴割れ

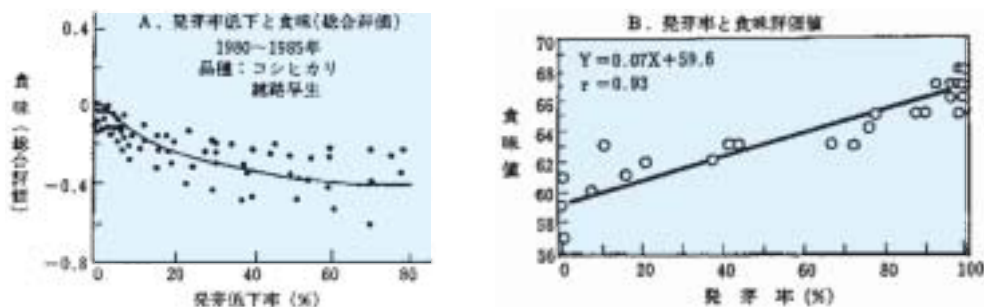


図2-3 初の発芽率と食味

3) 乾 燥

(1) 収穫時の籾水分

成熟期の籾の水分分布はかなり広範囲で、単粒水分の分布幅は収穫適期といわれている成熟後0～5日頃に最も大きくなる(図2-4)。水分の異なる籾を一定の水分に仕上げ、品質の良い米に乾燥するためには、一粒毎の籾の状態を考慮に入れた合理的な乾燥を行うことが必要である。

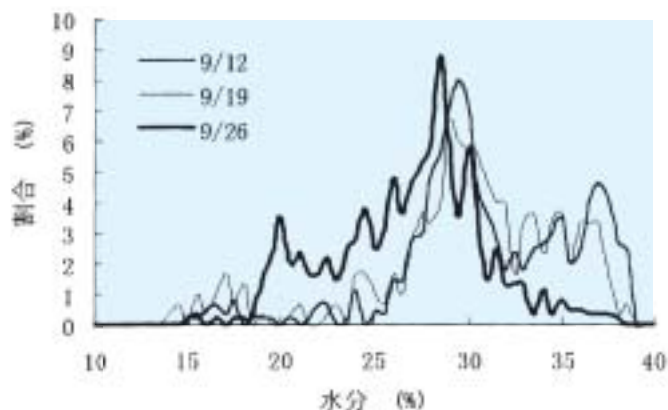


図2-4 コンバイン収穫籾の単粒水分分布

(2) 乾燥時の籾水分

乾燥の経過とともに、単粒水分の分布は低水分側に移り、分布幅が狭くなる。乾燥の仕上がりは平均水分で判定するので、分布幅が広いと過乾燥あるいは乾燥が不十分な籾が混在していることになるため、分布幅は狭い方が良い(図2-5)。

過乾燥になると胴割れが発生しやすい。胴割れは等級格下げの原因になるだけでなく、精米時の碎粒発生原因となり、搗精歩合を低下させる。また、碎米の混入率の高い米飯は外観が悪く、粘りがなく、柔らかくなり、食味の総合評価を低下させると言われる。このため、碎米の原因となる胴割れ発生をできるだけ防止しなければならない。一般に、乾燥

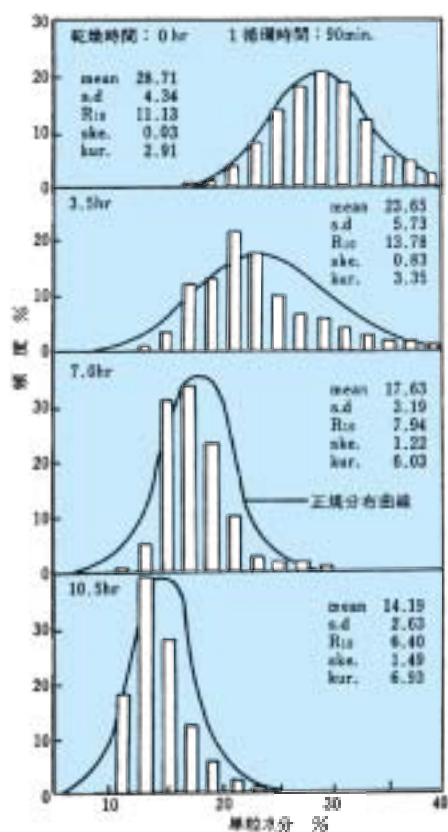


図2-5 乾燥中の籾単粒の水分分布(笠原ら)

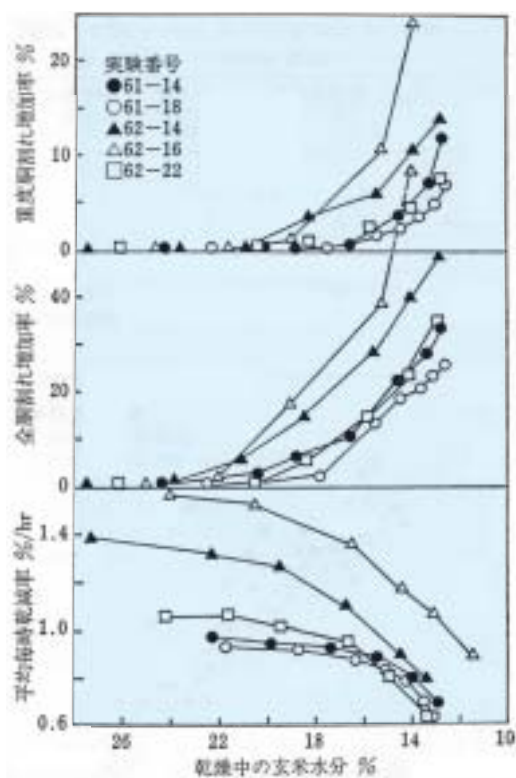


図2-6 過乾燥と胴割れの関係(笠原ら)

が進み、籾水分が低下すると毎時乾減率は徐々に低くなる。また、胴割れ粒発生危険性が増加し、乾燥速度が大きいほど胴割れは起こりやすい（図2-6）。

(3) (テンパリング) 貯留時の水分特性

貯留時には高水分粒から低水分粒への水分移動が行われ、水分のバラツキが減少する。水分約20%の籾を35℃の定温器で密閉貯留した場合の水分経過を見ると、高水分の籾は放湿し、低水分の籾は吸湿するため水分のばらつきが小さくなる。粒間の水分移行は概ね24時間で85%が完了し、2日間で平衡に達する（図2-7）。一次乾燥終了後（平均水分16.8%）の籾を約24時間貯留した後の籾の単粒水分分布を見ると、貯留により平均水分に変化は認められないが、単粒水分の分布幅が狭くなる（図2-8）。

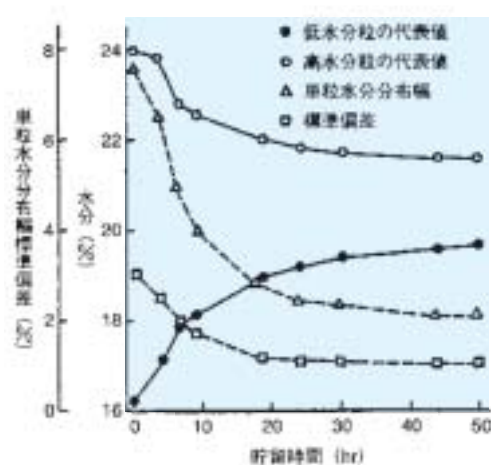


図2-7 貯留中の粒間水分移動

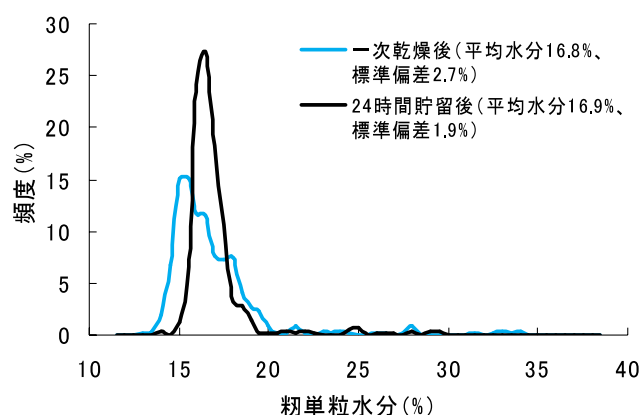


図2-8 貯留時の単粒水分分布の変化

(4) 二段乾燥のメリット

連続乾燥の大きな問題として、乾燥終了後の玄米水分の戻りがある。乾燥終了後の玄米水分の変化は、玄米と籾殻の水分差と、高水分未熟粒の混入による。乾燥終了後、余熱や玄米と籾殻との間の水分移行により玄米水分は減少する。高水分な未熟米が多いと未熟米から整粒へ水分が移行がするので整粒を中心に測定すると「水分の戻り」が現れる。水分の戻りを気にする余り、過乾燥気味な玄米をより低水分に仕上げると、胴割れの発生を促進させる結果となることがある。

循環式乾燥機による連続乾燥において水分のばらつきをできるだけ解消する上で有効な方法として二段乾燥法がある。二段乾燥は高水分粒と低水分粒間の水分移行を促す方法である。乾燥終了時点での精玄米と青未熟との水分差は2～4%であり、時間の経過とともにわずかではあるが差が縮まり、全体的に水分が減少する。特に、精玄米に注目するとどちらの年も水分が戻ることはなく、むしろ低下する。つまり、放冷後の水分の戻りが起こらないので目標水分どおりに乾燥を終了させることができる。一次乾燥終了時の水分の目安は、高水分では変質する危険性があり、低水分では低水分粒の過乾燥が避けられないため、18%程度である（図2-9、図2-10）。

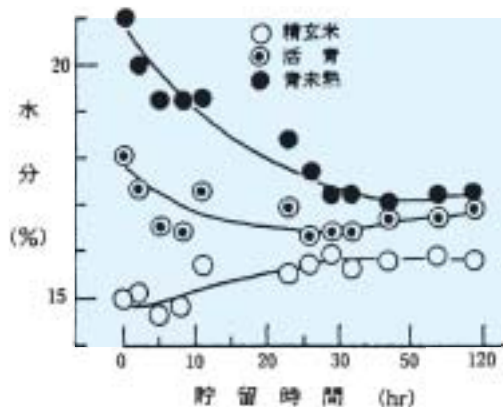


図 2-9 一次乾燥後の水分変化 (山形農試)

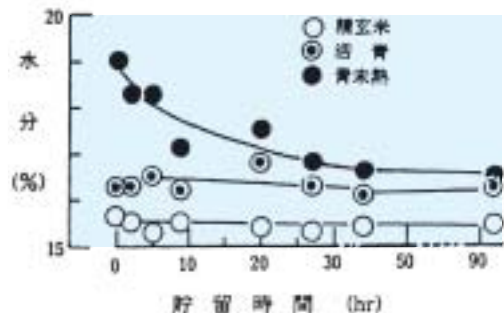


図 2-10 二段乾燥後の水分変化 (山形農試)

胴割れ発生の原因としては乾燥速度や過乾燥のほか、籾の水分むらがあげられる。単粒水分むらが大きい籾を乾燥した場合には高水分粒は乾燥速度が速く、低水分粒は過乾になるため、どちらの粒も胴割れが発生しやすくなる。つまり、水分むらを是正しながら乾燥を進めないと胴割れを防ぐことは難しい。この水分むらの解消は乾燥休止により可能となる。平均水分20%の籾について乾燥休止中の単粒水分分布の時間的变化を表した (図2-11)。高水分の籾は放湿し、低水分の籾は吸湿するため水分のばらつきが小さくなる。なお、休止中の青米の水分変化等から判断すると、休止時間は24時間以上とするのが望ましい。

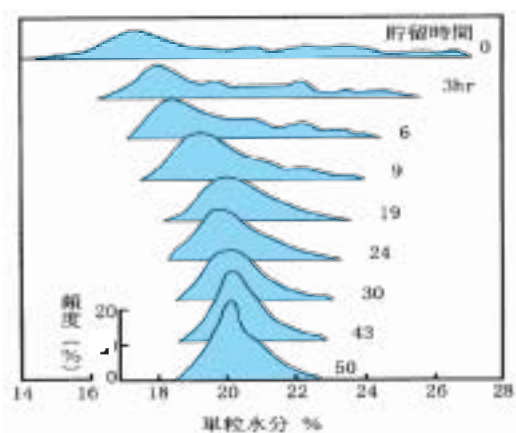


図 2-11 貯留中の単粒水分分布の (山形農試)

4) 乾燥機

(1) 遠赤外線乾燥

品質維持と、より効率的でエネルギーコストの低い乾燥システムとして開発された遠赤外線乾燥機は近年、籾乾燥の主流となりつつある。遠赤外線は穀物内の水分に吸収されやすいエネルギーであり、遠赤外線放射エネルギー量は、放射体温度の4乗に比例する。この原理を利用し、バーナ

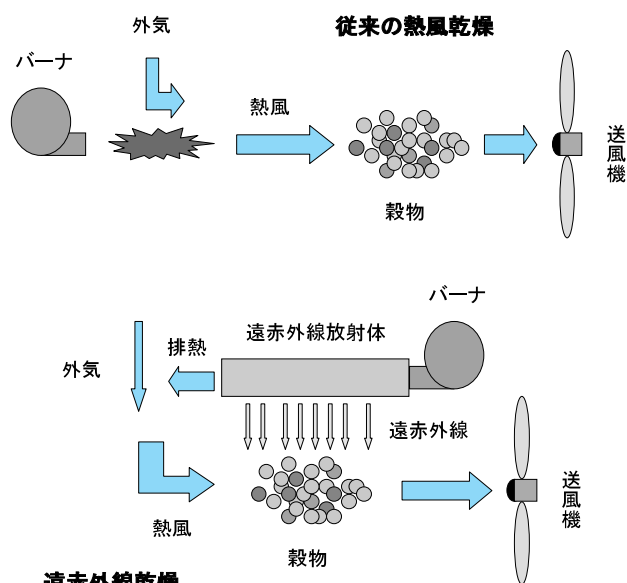


図 2-12 遠赤外線乾燥の模式図

で放射体を加熱し、遠赤外線を放射させ乾燥を行うのが遠赤外線乾燥機である。また、放射体から排出される排熱で加温した熱風も乾燥エネルギーとして利用することにより、エネルギー効率の向上を図っている。遠赤外線乾燥では、穀物水分の除去に必要なエネルギーが送風される空気を媒体とせずに穀物へ伝達されるため、送風量を少なく設計できる。遠赤外線乾燥機は放射体の設置位置により、熱風路内設置型と集穀室内設置型に大別される（図2-12、図2-13）。遠赤外線の照射範囲は1 cm程度であるため、集穀室内設置型では穀物を薄い層で流下させ、むらなく全粒に遠赤外線を照射する。

遠赤外線乾燥の効果として、燃料および消費電力量の節減効果があり、容量約30トンの遠赤外線乾燥機による乾燥例を示した（図2-14）。遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機よりも乾燥時間が約30%短縮され、灯油消費量は10%程度、消費電力量は40～50%程度削減される。これは遠赤外線乾燥では穀温の上昇が早く穀物内の水が蒸発されやすくなるためである。また、遠赤外線乾燥のメリットとして胴割れ発生の軽減がある。容量が同じの遠赤外線乾燥機と熱風式の循環式乾燥機による胴割れ率を比較した（図2-15）。立毛胴割れが多い原料での試験結果であるが、前述のように胴割れは乾燥速度を高めると発生しやすいのに対し、遠赤外線乾燥は循環式乾燥機よりも乾燥速度が早い場合でも、胴割れの発生が少

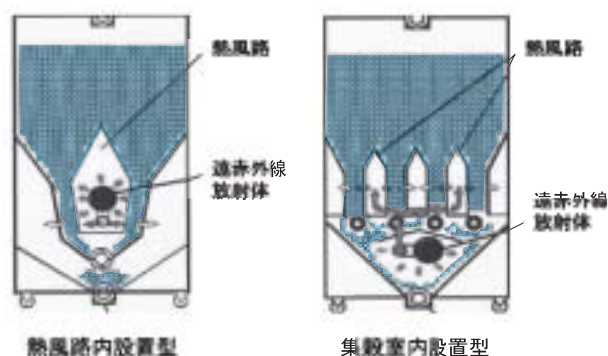


図2-13 遠赤外線乾燥の種類

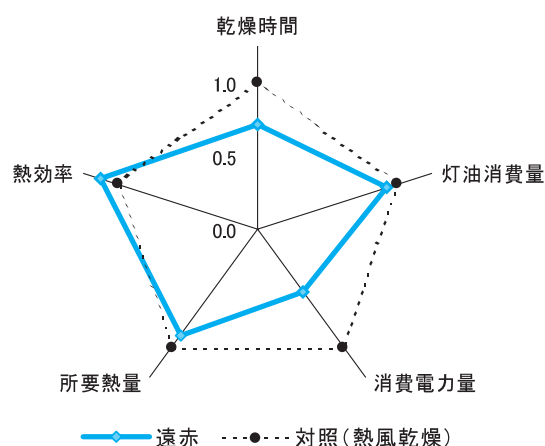


図2-14 遠赤外線乾燥の省エネ効果

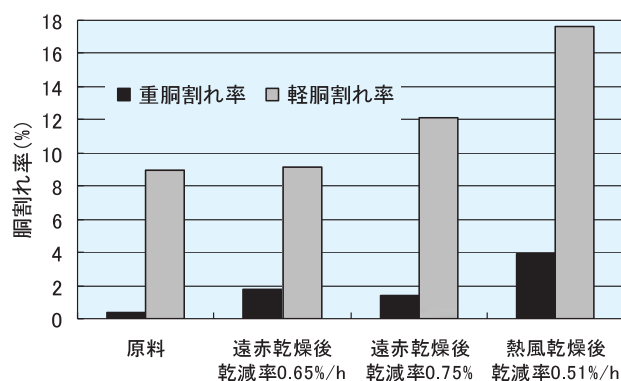
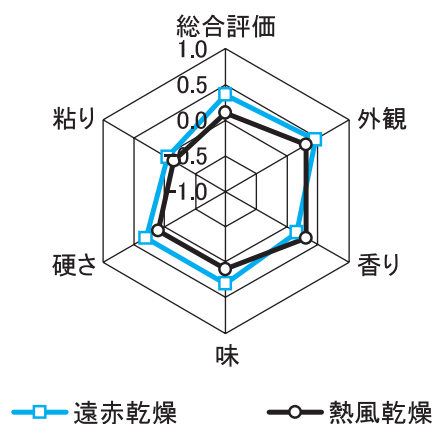


図2-15 乾燥条件と胴割れ率



H13 道内産「きらら397」

図2-16 乾燥法と食味

ない。また、遠赤外線乾燥した米の食味は熱風乾燥と同等もしくは若干優ると評価される場合が多い（図2-16）。その他、遠赤外線乾燥機には送風量を少なくできること、バーナの燃焼を放射体内部で行うため騒音が低減するなどの利点がある。

(2) 加温部管を利用した乾燥方式

遠赤外線乾燥機と同様に、穀温を効率よく上昇させ、水分が蒸発しやすい状態にしてから、低温少風量で乾燥を行う方式の加温部を設けた乾燥機がある。この方式ではバーナにより加熱された加温管からの伝導熱と加温管から放射される放射熱（遠赤外線）、および対流熱（熱風）を利用して乾燥する（図2-17）。この方式も遠赤外線乾燥機同様に燃料および消費電力量の節減効果、音の低減効果がある。

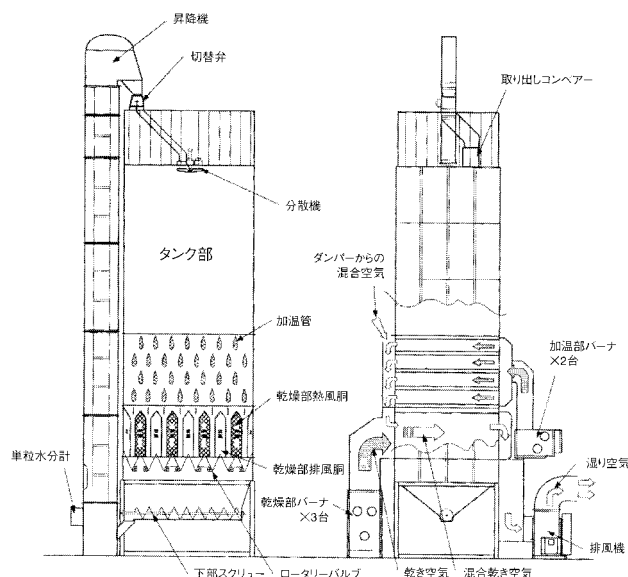


図2-17 加温管方式の乾燥機

(3) 合理的な乾燥制御

近年、乾燥中の穀物水分や穀温、熱風温度を随時測定しながら制御する乾燥機が普及している。高水分時には熱風温度を低めにし、水分が減少するにつれて熱風温度を高める逐次昇温乾燥法や、高水分時および胴割れの危険性の高い低水分時には熱風温度を低くし、品質面からみて安全な水分域では熱風温度を上げる高低水分域規制乾燥などがある。

(4) 乾燥機の点検

乾燥機内部に付着した残存物は細菌やカビの発生源となり、また別の穀物を乾燥する際の異種穀粒の原因となることから、排出が終わったら必ず取り扱い説明書の手順を読んで清掃して除する。目標乾燥水分で乾燥を終えるために、乾燥機に内蔵されている水分計の特徴を把握し、適宜補正をする。また、些細な故障が火災などの思わぬ事故につながることもあるため、定期的な点検を行うことが重要である。

1) 収穫から乾燥

自脱あるいは汎用コンバインで収穫した籾は速やかに乾燥し、安全な水分まで低下させることが必要である。個別乾燥する場合は、納屋や倉庫に設置した乾燥機に投入し、速やかに乾燥を開始する。共同乾燥調製施設で乾燥する場合は、トラックにコンバイン収穫籾が満載となれば速やかに乾燥調製施設に運搬する。

代表的な共同乾燥調製貯蔵施設の「荷受けから乾燥終了までの選別調製ライン」を示した(図3-1)。乾燥調製施設で荷受けされた籾は、粗選機により夾雑物を除去した後、計量を行い、貯留ビンに一時貯留する。この途中で、サンプルの採取を行い、籾の自主検査を行う。

乾燥機の容量とほぼ同量の籾が貯留ビンに溜ると乾燥を開始する。荷受けした籾水分が低い場合は仕上げ水分まで乾燥し、乾燥を終了させる。水分が高い場合は二段乾燥を行う。一次乾燥で分18%程度まで乾燥した後貯留ビンで1次貯留を行い、籾水分のバラツキを少なくした後、仕上げ乾燥により乾燥を行う。二段乾燥は途中で乾燥を止めることにより荷受け量の増加、1次貯留を行うことで籾水分の均一化が図れるなどの利点がある。

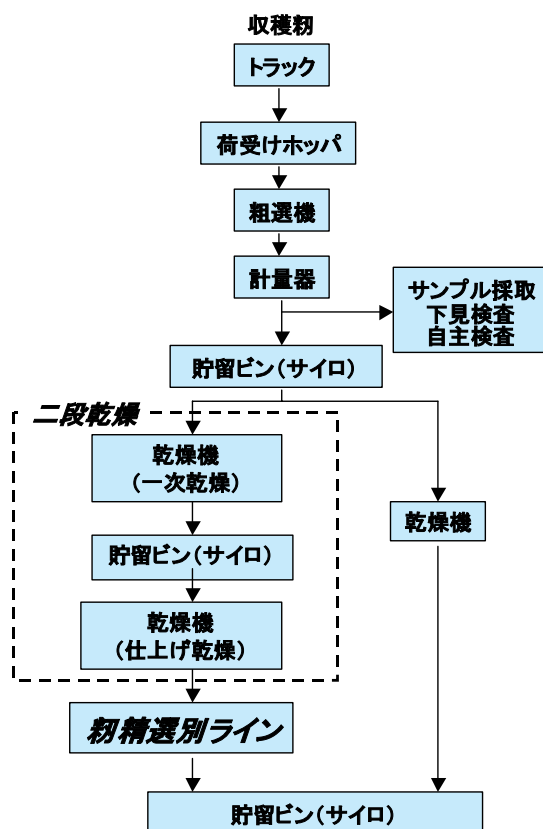


図3-1 荷受けから乾燥終了までの選別調製ライン

●粗選機

乾燥調製施設に搬入されたコンバイン収穫籾中にわら、穂切れ粒、枝梗付着粒などの混入が多い場合、穀粒の流動性が悪く、搬送、乾燥などの作業に支障を生じるため、予め除去するため、粗選機を使用する。粗選機は金網式の回転選別円筒（スカルパ）と吸引選別ファン（アスピレータ）を併用したものが大半である。カントリーエレベータなどで使用されている粗選機の毎時処理量20～30 t/hで、複数台を装備し、荷受量の低下防止を図っている。

2) 籾の精選別

乾燥が終了した籾は貯留ビンあるいはサイロに貯蔵される。乾燥を終了した籾の中には、稲わらや異種穀粒、石礫や金属片などの異物や未熟粒、被害粒、脱ぶ粒や碎粒やしいなが混入している。

長期間の粃貯蔵前には、製品内に混入する異物の除去、製品の品質向上、粃摺り歩留の向上、貯蔵施設の効率向上などの目的で粃の精選別が行われている（図3－2）。粃摺りラインにはこれらを除去する選別機が装備されていないため、搗精前には必ず実施することが重要である。

粃の精選別ラインではまず、風力選別機でしいなやわらなどの夾雑物を除去する。その後、比重選別機により脱ぶ粒・碎粒、しいな・未熟粒・被害粒と精粃の3区分に選別する。比重

選別機で比重の重い方に大半の脱ぶ粒や碎粒、石礫が集まる。インデントシリンダ型によっても選別機により脱ぶ粒や碎粒、石礫の選別を行うが、比重選別機に比べ、インデントシリンダ型選別機の処理量は低い。つまり、最初に大量の粃をインデントシリンダ型選別機に流し、脱ぶ粒や碎粒、石礫の除去を行っても、その選別精度は低いいため、比重選別機による選別を先に行う方が望ましい。比重選別機とインデントシリンダ型選別機で選別した精粃は貯留ビンやサイロに貯蔵する。

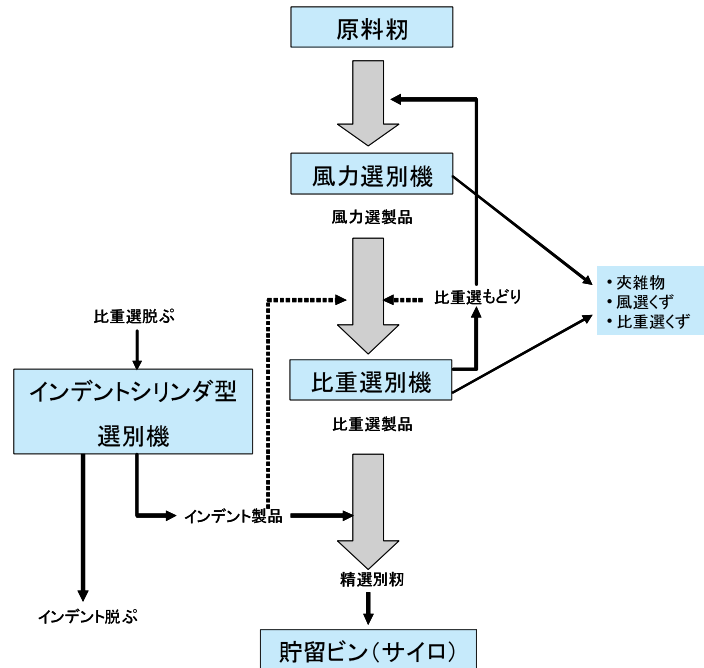


図3－2 粃の精選別調製ライン

●比重選別機

比重と空気抵抗の差を利用した選別機で、特殊なスクリーンを貼ったデッキ（またはデッキ）とファン、デッキを振動させる振動モーターで構成されている。送風機はダンパで風速が設定でき、整流格子を通してデッキ上に風が出る機構である。デッキ上の穀粒に浮遊速度に近い風速の風を当てると穀粒は流動層の状態となり、デッキ上で比重と空気抵抗の差により層状に分離する。層の中で重く充実した穀粒は層の下に沈み、未熟な軽い穀粒や形が小さな穀粒は層の上に浮き上がる。デッキを縦横に傾斜させ、凹凸のあるデッキを振動させると、層の下に沈んだ穀粒は傾斜の上方に移動し、層の上の穀粒は傾斜の下方へ移動する。積層した穀粒を振動により分離するにはデッキの大きさ、つまり選別距離と幅が重要である。比重選別機では軽い穀粒は屑口へ、重い穀粒、脱ぶ粒や、碎粒、石礫などは製品口へと移動し、選別することができる。

●インデントシリンダ型選別機

インデントシリンダ型選別機は、回転するシリンダの内面にくぼみ（インデント）があり、粒の長短によってくぼみへの収まり方が異なるため、くぼみの形状とシリンダの遠心力

のつりあいから落下する位置に違いが生じることを利用する選別機である。くぼみの大きさや形により、小麦、米、ゴマ用などがある。選別程度の調整はシリンダの内側にあるキャッチトラフ（またはトローフ）と呼ぶ樋の選別エッジ（リーディングエッジまたはカッティングエッジ）の位置を変えることで調整する。選別したい短粒がシリンダの最上部まで持ち上げられるように回転数を調整すると精度や処理能力が最大となる。シリンダの周速度が速くなると粒が遠心力でインデントから離れなくなり、トラブルの原因になる。また、選別用シリンダ全長の90%ぐらいのインデントポケットに穀粒が入る状態で運転効率が高いため、供給過多にならないよう流量を調整する（図3-3）。

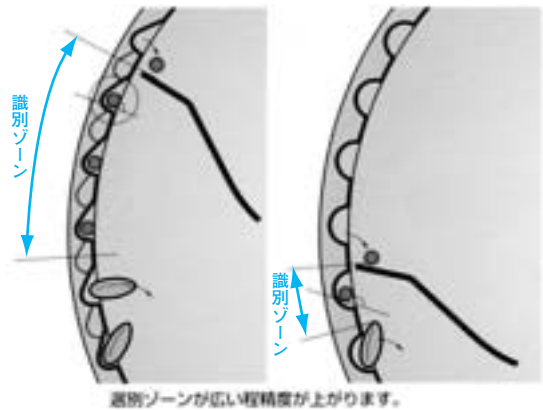


図3-3 インデントシリンダセパレータ (HYDE 社)

3) 粳摺り・調製

良質米生産の最終工程として、粳摺り、選別・調製作業は重要で、玄米を傷めず整粒歩合を高める調製を行うことが重要である。代表的な粳摺り、選別調製ラインを示した（図3-4）。

(1) 肌ずれ米

肌ずれ米は吸湿しやすく、カビの被害を受けやすいので貯蔵性が劣る。肌ずれ米は、その大部分が粳摺り機のゴムロールによる搗精時に発生する。同じ粳摺り機を使っても、粳の温度が高いと肌ずれ米発生率が高くなる（図3-5）。玄米水分を安定させるため、乾燥終了後5～7日間程度の調湿期間を置き、粳温度が低下してから粳摺りを行うことが望ましい。また、ライスグレーダによる選別時にはシリンダ篩の回転数が高すぎたり、傾斜が強すぎると肌ずれが発生することがあるので注意が必要である。

●粳摺り機

ゴムロール式粳すり機のほか、最近は衝撃式のインペラ式粳摺り機の使用も増えている。ゴムロール式は、小形から大形まで種々の処理能力の機種が製造されており、インペラ式は農家用の小形機が大半である。インペラ式は、脱ぶ率が高いこと、やや水分の高い粳にも使用できるなどの特長がある。ゴムロール式では、ロール間隙によって脱ぶ率が変化し、ロール間隙が狭いと脱ぶ

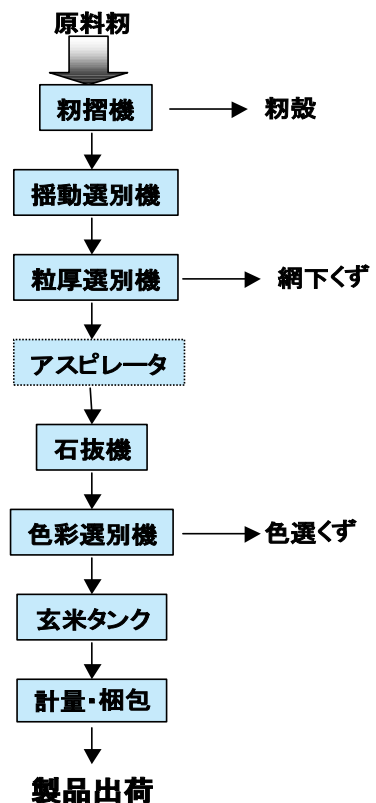


図3-4 粳摺り、選別・調整ライン

率は良くなるが、玄米表面に傷が付く肌ずれ米が生じ、品質の劣化の原因となる。一方、ロール間隙が広いと脱ぶ率が悪くなり、処理能力が低下する。そこで、ロールの回転数と間隔、粉流量を調整し、脱ぶ率が80～90%になるように設定する。この調整方法は、異径ロール式粉すり期機の場合、摩耗量を考慮しながら基準の間隙値より少しずつ広くするように、同径ロール式では、ロール間隙をやや狭めるようにし、主軸と副軸のロールを入れ替え、周速度差率の変化を少なくして肌ずれ米の発生を抑制するように行う。ゴムロールが片減りしていたり、ゴムの厚さが新品の4分の1以下まで減っている場合は、直ちに新品と交換する。また、粉摺り機の振動が激しい場合も碎米が発生するので定期的に各部の締め付けを行う

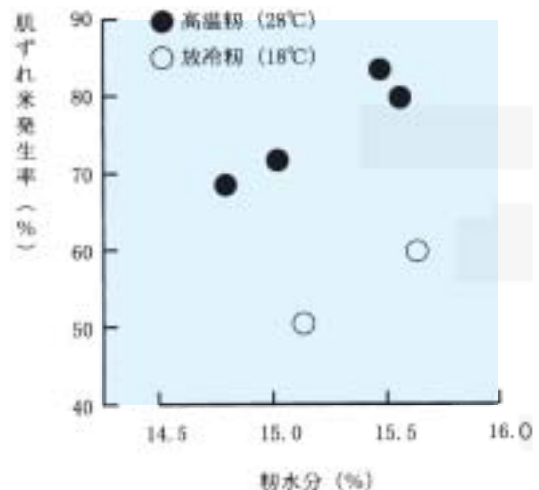


図3－5 粉温度と肌ずれ米発生率

(2) 選別機

米の充実度は玄米の粒厚と相関が高く、粒厚選別機によって粒厚の小さい未熟粒、死米などを除去して整粒割合を増加させ、玄米の品質を向上させる。

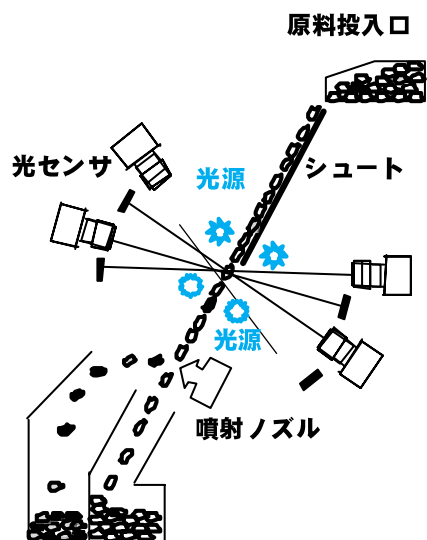
●粒厚選別機

従来使用されていた横形回転篩選別機にかわって、縦形回転篩選別機が急速に普及している。長所は、シリンダ全面で選別作用が行われるのでシリンダを短くでき、縦形であるため設置面積が小さく、狭い場所でも使用が可能であることが挙げられる。また、電子秤を利用して装置の上部に運ばれた穀粒を連続的に計量・袋詰め作業を行うことができる。回転篩選別機の場合は網目筒の回転数を上げすぎると、肌ずれが生じることがあるので、指定された回転数で使用することが大切である。

縦線米選機の場合は線間を米粒にあわせ、各線の間隔が一定にすることが大切である。傾斜は玄米の走り方を見て間隔を調整し、玄米の流量は有効幅一面に一粒ならびに流下する程度とする。

●色彩選別機

色彩選別機はシュートを流れる玄米に光を当て、着色粒（斑点粒）、未熟粒、被害粒、死米、碎粒や石、ガラス、プラスチック、金属片などの異物を選別する。個人利用では数チャンネルの色彩選別機が使用されているが、北海道のカントリーエレベータなどの選別調製施設では数百チャンネルの色彩選別機が使用されており、全ての玄米の選別に利用されている（図3－6、図3－7）。



不良品 良品

図 3-6 色彩選別機の選別方法



図 3-7 色彩選別機の外観

4) 粒厚選別機と色彩選別機の組み合わせによる歩留・検査等級・整粒割合の向上

北海道の米の共同乾燥調製施設や農家では、粳摺り後の玄米の選別は、従来から粒厚選別が行われている。この粒厚選別では粒厚の小さい未熟粒や死米などを除き、整粒割合を増やし、玄米の品質を向上させる。

粒厚選別を行う際、網目サイズが1.90mmの篩を使用していた。最近では、品質の良い米を生産するために、目幅を大きくする傾向にある。その結果、現在の標準的な篩の目幅は、「きらら397」では2.00mm、「ほしのゆめ」では1.95mmとなっている。しかし、目幅を2.00mm（または1.95mm）と大きくしても、1等玄米を調製できない場合もあり、そのような時には、さらに大きな目幅で選別する例もある。このように篩の目幅を大きくすると、歩留まりが低下し、網目下（選別くず）に整粒が除去され、生産者にとって損失が大きくなる。

北海道では米の乾燥調製貯蔵工程の合理化と高品質で均質な大ロットの北海道産銘柄米の確立を目的に、1996年以降、カンントリーエレベータの建設が進んでいる。このような最新の大型施設では、玄米から異物（小石等）や着色粒を除去するために、粒厚選別の後に色彩選別を行う例が増えている。そこで、現在の粒厚選別の篩目幅を0.1mm小さくし、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別した後、色彩選別機により未熟粒や着色粒などをしっかり取り除くことで製品玄米の品質や歩留向上の検討が行われている。すなわち、高品質米（1等米）の調製と歩留の向上とを同時に実現するために、粒厚選別と色彩選別とを組み合わせた新

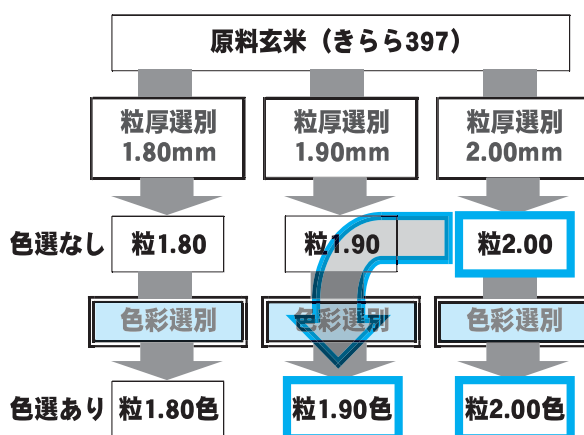


図 3-8 粒厚選別と色彩選別を組み合わせた選別方法（北大・中央農試 2002）

しい玄米選別技術である（図3－8）。

現行の粒厚選別の篩の目幅を0.1mm小さくして、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別し、その後色彩選別機による選別を行った結果、歩留が4～11%増加、検査等級が向上し1等となった、整粒割合が0.1～3%増加、搗精歩留が0.2～0.3%増加、食味評価がわずかに向上するなどの良好な結果を得ている（表3－1、図3－9、図3－10）。

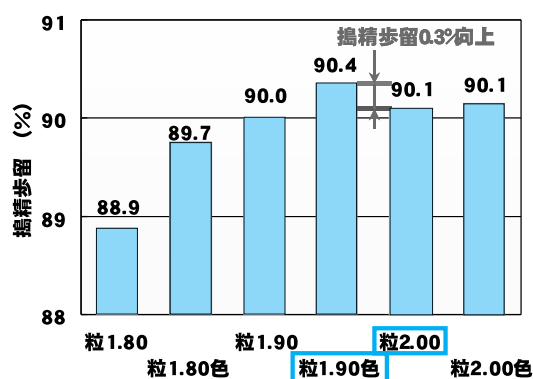


図3－9 搗精歩留（北大・中央農試 2002）

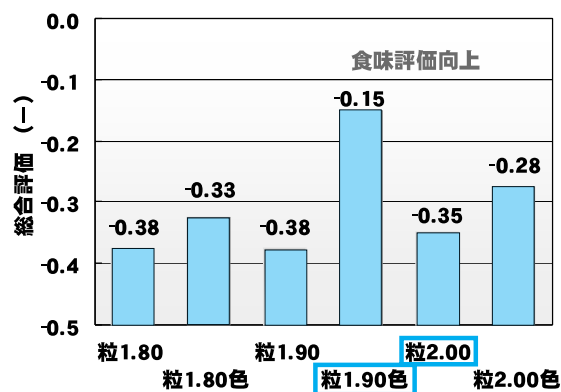


図3－10 食味試験の総合評価

（北大・中央農試 2002）

表3－1 粒厚選別機と色彩選別の組み合わせによる歩留・検査等級、整粒割合の向上
（北大・中央農試 2002）

試料	色彩選別の有無	歩留 (%)			検査等級			整粒割合 (%)		
		粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅		
		1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm
2001年北村産	色選なし	97.3	94.1	84.0	等外	等外	3(中)	73.4	74.9	78.4
きらら397	色選あり	88.2	88.2	81.5	1(下)	2(上)	2(上)	80.6	80.8	79.3
2002年北村産	色選なし	98.5	95.9	84.5	3(上)	2(下)	2(中)	70.6	72.3	75.8
きらら397	色選あり	89.6	89.5	81.9	1(下)	1(下)	1(下)	75.5	75.9	75.9
2002年長沼産	色選なし	98.1	92.5	72.3	等外	等外	3(下)	74.0	76.4	81.8
きらら397	色選あり	84.9	83.6	67.3	1(中)	1(中)	1(中)	85.6	84.6	85.3
		1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm
2001年美唄産	色選なし	97.5	94.1	79.7	3(下)	3(中)	2(中)	68.7	69.8	75.2
ほしのゆめ	色選あり	85.9	85.6	76.9	1(下)	1(下)	1(下)	77.5	78.1	77.0

4 稲わら収集

ほ場における稲わら焼却は禁止で、良食味米生産のため、稲わらの適正処理が推奨されている。コンバインから排出されたわらをレーキで集め、ベアーで梱包してから搬出する。ほ場でわらの乾燥を促進するには、テッダで反転することもある。わらの乾燥が進んでいれば、牧草収穫と同じ大型のけん引式ロールベアーが使用できるが、水田は軟弱なことが多く、車輪によって圃場を傷める危険性が高いため、小型の直装式やけん引式ロールベアー、クローラの自走式ロールベアーが使用される。長わら、切断わらのどちらでも梱包でき、収集率は長わらで90～98%、切断わらは50～97%、作業能率は毎時0.1～0.3ha、負担面積は年10～30ha程度である（表4－1）。

収集したわらは、堆肥化して圃場還元されるほか、家畜の敷料や一部飼料に利用される。バイオエタノール製造試験も行われている。堆肥化の場合は、土砂混入は支障とならず、乾燥も必要ないが、敷料や飼料として利用する場合はわら水分が低いこと、カビの発生がないこと、土砂混入が少ないことが求められる。土砂混入を避けるには、自脱コンバインでわらを切断せず、ノッタ・ドロップで結束するのが望ましい。

表4－1 稲わら収集機と作業能率

	馬力 (P S)	わらの状態	回収率 (%)	ベールの大きさ 直径(m)×幅(m)	作業能率 (ha/h)
自脱コンバイン	32	長わら	100	—	収穫と同時
自走式ロールベアー	40	長わら	90～97	1.2×1.2	0.34
		切断わら	50～69		
自走式ロールベアー	6	長わら	—	0.5×0.63	0.13
		切断わら	—		
直装式ロールベアー	トラクタ 18～30	長わら	96～98	0.5×0.7	0.35
		切断わら	97		